

## DESCRIPTION

### 半透過反射型液晶表示装置

### (TRANSFLECTIVE LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE)

## BACKGROUND OF THE INVENTION

### 1. Field of the Invention

この発明は液晶表示装置に関し、特に液晶素子の内部に半透過反射板を備え、外光による反射表示とバックライトを用いた透過表示のいずれでも、明るい白黒表示又はカラー表示が可能な半透過反射型液晶表示装置に関する。

### 2. Description of the Related Art

従来の反射型液晶表示装置としては、一対の偏光板の間にTN（ツイステッドネマティック）液晶素子や、STN（スーパーツイステッドネマチック）液晶素子を設け、その一方の偏光板の外側に反射層を配置した構成のものが主に用いられている。

このような構成の反射型液晶表示装置によれば、視認側から一方の偏光板を通して入射する外光が、液晶素子を透過する際にその偏光方向が旋回されるか否かによって、他方の偏光板に吸収されるか、それを透過してその外側の反射層によって反射され、再び液晶素子と一対の偏光板を透過して視認側に出射することによって、反射型表示がなされる。

すなわち、視認側から入射する外光が2枚の偏光板を透過して反射層に到達し、その反射光が再び2枚の偏光板を透過して視認側へ出射することによって白表示がなされるので、偏光板による光の減衰量が多く、表示の明るさが低くなる。

さらに、反射層が液晶素子のガラス基板の外側にあるので、表示に影が生じるという問題もある。

このような問題の対策として、偏光板が1枚で表示が可能な単偏光板方式の反射型液晶表示装置が提案されている。それによれば、偏光板が1枚であるので、従来の偏光板を2枚用いる反射型液晶表示装置より、明るさを改善することができる。

また、単偏光板方式の液晶表示装置では、反射層を液晶表示素子の内部に形成するため、表示の影の問題も解決することができる。

この単偏光板方式の反射型液晶表示装置は、1枚の偏光板と、1枚の位相差板と、反射層を内在した液晶素子とから構成され、例えば特開平4-97121号公報(JP, 4-97121, A)に開示されている。また、位相差板の代わりに、液晶層のねじれ方向と逆方向にねじれた構造を持つ光学補償素子を用いた、単偏光板方式の反射型液晶表示装置も、例えば特開平10-123505号公報(JP, 10-123505, A)に開示されている。

しかし、このような従来の単偏光板方式の反射型液晶表示装置において、反射層は光を透過しないので、バックライトを設けることができず、外光が弱い場所や夜間には表示を見ることができなかった。

そこで、反射層として、蒸着やスパッタによって膜厚が $0.01 \sim 0.03 \mu\text{m}$ と非常に薄い薄膜アルミニウムを成膜して、ハーフミラー化した半透過反射層を用いたり、反射層にフォトリソエッチングによって画素毎に開口部を設けた半透過反射層を用いた、半透過反射型液晶表示装置が開発されている。それによって、外光が弱い場所や夜間には、液晶表示装置に内蔵するバックライトの点灯により表示を行うことが可能になる。

しかし、薄膜金属を用いたハーフミラーの場合は、半透過反射層の膜厚による透過率変化が激しく、生産時における半透過反射層の透過率と反射率のバラツキが大きくなる。そのため、液晶表示装置として、外光による反射表示の明るさや、バックライトによる透過表示の輝度が大きく変動する欠点がある。

反射層に画素毎の開口部を設けた半透過反射層を用いた液晶表示装置は、例えば特開平10-282488号公報(JP, 10-282488, A)に開示されている。

しかしこのような液晶表示装置は、図12に示すように、液晶素子を構成する第1の基板1上にアルミニウム膜による反射層を形成し、その各画素部に対応する位置に開口部29を設けて半透過反射層27としており、その半透過反射層27の厚さは $0.1 \sim 0.2 \mu\text{m}$ 程度あり、保護膜8によって平坦化処理を行っても、その保護膜8の表面およびその上に形成される第1の電極3の表面に $0.05 \mu\text{m}$ 以上

の段差が残ってしまっていた。

この段差により、第１の基板１と図示していない第２の基板の間の液晶層を挟む隙間であるセルギャップは、半透過反射層２７の開口部２９と非開口部で０．０５μm以上の差が発生してしまう。その結果、表示ムラや、ひどい場合には配向不良も発生してしまい、表示品位を著しく低下させる場合があった。特に、ツイスト角が１８０°～２６０°のＳＴＮ液晶素子を用いる場合には、セルギャップを厳しく制御する必要があるがそれが難しくなり、このセルギャップの差により表示ムラが発生しやすく、さらに駆動電圧を印加中にＳＴＮ液晶特有の誘起ドメイン(domain)による配向不良が発生する場合もあった。

## SUMMARY OF THE INVENTION

この発明は、上述した従来の各種の液晶表示装置における問題点を解決し、外光による明るい反射表示と、バックライト照明による透過表示が可能で、かつ、表示の明るさにバラツキが少なく、表示ムラや配向不良欠陥も少ない半透過反射型液晶表示装置を提供することを目的とする。

この発明はこの目的を達成するため、第１の基板と第２の基板との間に液晶を挟持し、その第１の基板の内側に半透過反射層を設けた液晶素子を備えた半透過反射型液晶表示装置において、その半透過反射層を、陽極酸化処理によって形成された透明部を有する金属薄膜にしたものである。

上記液晶素子の第２の基板の外側に第１の偏光板を配置し、第１の基板の外側に第２の偏光板とバックライトを順次配置して半透過反射型液晶表示装置を構成するとよい。

これによって、半透過反射層の非透明部と透明部がほぼ同じ厚さになり、液晶素子における第１の基板と第２の基板との間の液晶を挟持するセルギャップが均一になるため、表示ムラや配向不良が発生しなくなり、外光による反射表示も、バックライトの点灯による透過表示も、明るくムラのない良好なコントラストの表示が得られる。

さらに、上記液晶素子の第１の基板の内面には上記半透過反射層と第１の電極と

を設け、第2の基板の内面には第2の電極を設け、上記液晶はツイスト配向しているネマチック液晶とし、上記第2の基板と第1の偏光板との間に第1の光学補償素子を配置し、上記第1の基板と第2の偏光板との間に第2の光学補償素子を配置するのが望ましい。

そのネマチック液晶には、ツイスト角が $180^{\circ} \sim 260^{\circ}$ に配向しているスーパーツイストネマチック液晶を使用することができる。

上記半透過反射層の非透明部の表面に凹凸を設けて散乱層を形成するとよい。あるいは、上記液晶素子の第2の基板の外側に散乱層を設けてもよい。

上記第1の光学補償素子を、1枚あるいは複数枚の位相差板によって構成することができる。あるいは1枚のねじれ位相差板によって構成するか、ねじれ位相差板と1枚あるいは複数枚の位相差板とによって構成してもよい。

さらに、上記液晶素子の第1の基板又は第2の基板に複数色のカラーフィルタを設けることにより、カラー表示が可能になる。

上記半透過反射層を、酸化アルミニウムからなる透明部を有するアルミニウム薄膜にするとよい。また、上記半透過反射層の非透明部に、陽極酸化処理によって形成された酸化膜を設けるとよい。

上記液晶素子における第1の電極と第2の電極とが交差して対向する部分が画素部となるので、上記半透過反射層の透明部をその各画素部に対応する位置に設けるようにするのが望ましい。その透明部を複数の画素部に対して連続したスリット状に設けてもよい。

これらの半透過反射層における透明部の面積比率を $5 \sim 30\%$ の範囲にするとよく、特に $10 \sim 25\%$ の範囲にするのが望ましい。

上記液晶素子の第1の基板上の半透過反射層と第1の電極との間に透明な絶縁材料による保護膜を設けることにより、半透過反射層上の面を一層平坦化すると共に、半透過反射と第1の電極とを絶縁することができる。

The above and other objects, features and advantages of the invention will be apparent from the following detailed description which is to be read in conjunction with the accompanying drawings.

## BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

図 1 は、この発明による半透過反射型液晶表示装置の第 1 の実施形態の構成を示す模式的な断面図である。

図 2 は、図 1 に示した半透過反射型液晶表示装置における半透過反射板を第 1 の電極および第 2 の電極との配置関係と共に示す平面図である。

図 3 は、図 1 に示した半透過反射型液晶表示装置における第 1 の基板側の一部拡大断面図である。

図 4 は、同じくその一部を変更した断面図である。

図 5 は、図 1 に示した半透過反射型液晶表示装置の液晶素子と第 2 の偏光板と第 3 の位相差板の平面的な配置関係を示す説明図である。

図 6 は、同じくその第 1 の偏光板と第 1、第 2 の位相差板とねじれ位相差板の平面的な配置関係を示す説明図である。

図 7 は、この発明による半透過反射型液晶表示装置の第 2 の実施形態の構成を示す模式的な断面図である。

図 8 は、図 7 に示した半透過反射型液晶表示装置におけるカラーフィルタを半透過反射層および第 1、第 2 の電極との配置関係と共に示す平面図である。

図 9 は、同じくその半透過反射板のみを示す平面図である。

図 10 は、図 7 に示した半透過反射型液晶表示装置の液晶素子と第 2 の偏光板と第 3、第 4 の位相差板の平面的な配置関係を示す説明図である。

図 11 は、同じくその第 1 の偏光板とねじれ位相差板の平面的な配置関係を示す説明図である。

図 12 は、従来の半透過反射型液晶表示装置における第 1 の基板側の一部拡大断面図である。

## DETAILED DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

以下、この発明による半透過反射型液晶表示装置の好ましい実施例を図面を用

いて詳細に説明する。

#### 第 1 実施例：図 1 から図 6

まず、図 1 から図 6 を用いてこの発明による半透過反射型液晶表示装置の第 1 実施例を説明する。図 1 は、その半透過反射型液晶表示装置の構成を示す模式的な断面図であり、図示の都合上画素数を実際よりも遥かに少なくし、各要素の厚さ方向の寸法を大幅に拡大して示している。

図 2 は、その半透過反射型液晶表示装置における半透過反射板を第 1 の電極および第 2 の電極との配置関係と共に示す平面図であり、断面図ではないが、判り易くするために半透過反射板には図 1 と同じハッチングを施している。

図 3 は、図 1 に示した半透過反射型液晶表示装置における液晶素子を構成する第 1 の基板側の一部分のみを拡大して示す断面図である。

この第 1 実施例の液晶表示装置は、図 1 に示すように、液晶素子 20 と、その液晶素子 20 の視認側（図 1 では上側、視認方向を矢印 A で示す）に配置した第 1 の光学補償素子であるねじれ位相差板 12 と第 1 の位相差板 13 および第 2 の位相差板 14 と、その第 2 の位相差板 14 の視認側に配置した第 1 の偏光板 11 と、液晶素子 20 の視認側と反対側（図 1 では下側）に配置した、第 2 の光学補償素子である第 3 の位相差板 18 と、第 2 の偏光板 17 と、バックライト 16 とにより構成されている。

第 1 の偏光板 11 と第 2 の位相差板 14 と第 1 の位相差板 13 とねじれ位相差板 12 は、アクリル系粘着剤で一体化しており、そのねじれ位相差板 12 を、アクリル系粘着剤によって液晶素子 20 の上面に貼り付けている。

また、第 2 の偏光板 17 と第 3 の位相差板 18 もアクリル系粘着剤で一体化しており、その第 3 の位相差板 18 をアクリル系粘着剤で液晶素子 20 の下面に貼り付けている。

液晶素子 20 は、それぞれ厚さ 0.5 mm の透明なガラス板からなる第 1 の基板 1 と第 2 の基板とを、所定の間隔を保ってシール材 5 によって張り合わせ、その間隙に左回り 240° ツイスト配向のネマチック液晶 6 を挟持してなる STN 液晶素子である。

その視認側と反対側の第 1 の基板 1 の内面には、厚さ 0.1 μm のアルミニウム

膜からなる半透過反射層 7 と、その上を覆うアクリル系材料からなる厚さ  $2\mu\text{m}$  の保護膜 8 と、透明電極材料である ITO によって形成した図 2 にも仮想線で示すストライプ状の第 1 の電極 3 とが設けられている。また、視認側の第 2 の基板 2 の内面には、やはり ITO による第 2 の電極 4 が、図 2 にも仮想線で示すように、第 1 の電極 3 に直交するストライプ状に形成されている。

そして、図 2 に示すように、第 1 の電極 3 と第 2 の電極 4 とが差して対向する部分がそれぞれ画素となり、その各画素による表示領域全体に亘って半透過反射層 7 を形成している。その半透過反射層 7 には、各画素の中央部に対応する位置にそれぞれ長方形の透明部 9 を形成している。また、半透過反射層 7 の非透明部 30 の表面に、図示は省略しているが数  $\mu\text{m}$  から数十  $\mu\text{m}$  ピッチの凸凹を設けて散乱反射層にしている。この散乱反射層を表面に形成した半透過反射層 7 は、散乱に依存する文字ボケがほとんどなく良好な表示を得られる。

ここで半透過反射層 7 の形成方法を説明する。

第 1 の基板 1 の表面に凹凸処理を施し、厚さ  $0.1\mu\text{m}$  のアルミニウム膜をスパッタ法によって形成する。このアルミニウム膜は、図示は省略しているが第 1 の基板 1 の表面の凹凸に応じて表面に細かい凹凸を有する。

そのアルミニウム膜上にフォトレジストを塗布して乾燥させる。その後、フォトリソマスクを用いて露光および現像処理を行って、そのフォトレジストに各画素部の中央部に対応する透明部を形成するための開口部を設ける。そして、リン酸アンモニウム希薄溶液中で、 $50\sim 100\text{V}$  の電圧による陽極酸化処理を行うことにより、アルミニウム膜のフォトレジストの開口部に対応する部分だけが陽極酸化されて透明な酸化アルミニウム ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) となる。この時、アルミニウム膜が  $0.2\mu\text{m}$  より厚いと、陽極酸化によって完全に透明な酸化アルミニウムにするのに時間がかかってしまうため、半透過反射層とするアルミニウム膜の膜厚は  $0.2\mu\text{m}$  以下とするのが好ましい。

その後、フォトレジストを取り去ると、図 2 および図 3 に示すように、各画素部の中央部に対応する位置に長方形の透明部 9 が形成された半透過反射層 7 となる。

図 3 に示すように、酸化アルミニウムである透明部 9 は、他の非透明部 30 に比べて酸素が増加している分だけ若干膜厚が厚くなっている。しかし、それは僅かで

あって、半透過反射層 7 の透明部 9 と非透明部 30 はほぼ同じ厚さであり、その上に保護膜 8 を形成すれば、ほとんど段差は生じない。この保護膜 8 は、アクリル系樹脂等の透明な絶縁性材料によって形成する。

なお、図 3 に示すように、この半透過反射層 7 上に直接保護膜 8 を形成してもよいが、半透過反射層 7 に透明部 9 を形成した後、そのアルミニウム表面を保護するために、再度 10 ～ 20 V の低電圧で陽極酸化処理を行い、図 4 に示すように、透明部 9 以外の部分、つまり非透明部 30 上にも薄い酸化膜 31 を形成してもよい。

これらの半透過反射層 7 は、各透明部 9 の周囲を囲むように非透明部 30 が形成されており、透明部 9 の面積が大きいほど、バックライト点灯時の透過表示は明るくなるが、逆に、反射表示の際の表示が暗くなってしまう。透明部 9 の面積比率が異なる種々の半透過反射層 7 を試作し、それを使用した液晶表示装置の画像評価をしたところ、透明部 9 の面積比率は 5 ～ 30 % が良く、さらに好ましくは 10 ～ 25 % であることが判った。例えば、透明部の面積比率が 20 % とすると、この液晶素子 20 は 20 % 程度の光を透過し、残りの 80 % の光を反射することになる。

そこで、この実施例では半透過反射層 7 における透明部 9 の面積比率を約 20 % にしたので、反射表示が明るく、且つ、バックライト照明を用いた透過表示の際にも良好な画質が得られた。

ねじれ位相差板 12 は、トリアセチルセルロース (TAC) フィルムやポリエチレンテレフタレート (PET) フィルムに配向処理してから、ねじれ構造を持つ液晶性高分子ポリマーを塗布し、150 °C 程度の高温で液晶状態にしてツイスト角を調整した後、室温まで急冷して、そのねじれ状態を固定化したフィルムを用いる。

あるいは、配向用フィルムに配向処理を施して液晶性高分子ポリマーを塗布し、ねじれ状態を固定した後、別に用意した TAC フィルムに、液晶性高分子ポリマーを配向用フィルムから転写して形成したフィルムを用いてもよい。この実施例では、ツイスト角  $T_c$  が  $-240^\circ$  で、複屈折性を示す  $\Delta n d$  値である  $R_c$  が  $0.80 \mu m$  の右回りのねじれ位相差板 12 を用いた。

第 1 の偏光板 11 は、透過軸とそれに直交する吸収軸を有し、偏光方向が透過軸に平行な直線偏光は透過し、偏光方向が吸収軸に平行な直線偏光は吸収する吸収型偏光板である。そして、なるべく明るく且つ偏光度が高いことが好ましく、この実



施例では透過率が45%で偏光度が99.9%の偏光板を使用した。

その第1の偏光板11の表面に、屈折率の異なる無機薄膜を真空蒸着法やスパッタ法で複数層コートして、反射率が0.5%程度の無反射層を設けることにより、第1の偏光板11の表面反射が低下して透過率が高まる。それによって、表示が明るくなり、また、黒レベルが低下するためコントラストも改善される。

第1の位相差板13は、ポリカーボネート（PC）を延伸した厚さ約70 $\mu$ mの透明フィルムで、波長0.55 $\mu$ mの位相差値F1が0.14 $\mu$ mで、1/4波長相当である。第2の位相差板14も、ポリカーボネートを延伸した厚さ約70 $\mu$ mの透明フィルムで、波長0.55 $\mu$ mの位相差値F2が0.28 $\mu$ mで、1/2波長相当に設定する。

第3の位相差板18も、ポリカーボネートを延伸した厚さ約70 $\mu$ mの透明フィルムで、波長0.55 $\mu$ mの位相差値F3が0.14 $\mu$ mで、1/4波長板となっている。

第2の偏光板17も吸収型偏光板であって、偏光度が高いことが重要であり、この実施例では透過率が44%で偏光度が99.99%の偏光板を使用した。

バックライト16は、導光板に蛍光灯やLEDを取り付けたものや、エレクトロルミネッセンス（EL）板などを用いることが可能であるが、この実施例では厚さが約1mmで、発光色が白色のEL板を用いた。

つぎに、この実施例における液晶表示装置の各構成部材の平面的な配置関係について、図5と図6を用いて説明する。

図5は、液晶素子20とその視認側と反対側（図1で下側）に配置する構成部材の配置関係を示し、図6は、液晶素子20の視認側（図1で上側）に配置する構成部材の配置関係を示す。なお、以下の説明における角度の正負は、反時計回り方向を正（+）、時計回り方向を負（-）とする。

図1に示した液晶素子20の第1の基板1と第1の電極3および第2の基板2と第2の電極4の表面にはそれぞれ配向膜（図示せず）を形成している。そして、図5に示すように、第1の基板1側は、液晶素子20の水平軸H-Hに対して右上がり30°方向にラビング処理することによって、ネマチック液晶6の下液晶分子配向方向6aは+30°となる。一方、第2の基板2側は右下がり30°方向にラビン

グ処理することによって、ネマチック液晶6の上液晶分子配向方向6bは $-30^\circ$ となる。粘度20cPのネマチック液晶6には、カイラル材と呼ぶ旋回性物質を添加し、ねじれピッチPを $11\mu\text{m}$ に調整し、反時計回りでツイスト角Tsが $240^\circ$ のSTN液晶素子20を構成した。

使用するネマチック液晶6の屈折率の差(refractive index difference) $\Delta n$ は0.15であり、第1の基板1と第2の基板2によってネマチック液晶6を挟む隙間であるセルギャップdを $5.6\mu\text{m}$ とした。したがって、ネマチック液晶6の屈折率の差 $\Delta n$ とセルギャップdとの積 $\Delta n d$ で表す液晶素子20の複屈折性を示す値をRsとすると、そのRsが $0.84\mu\text{m}$ であった。

一方、第1の偏光板11の透過軸11aは、図6に示すように、液晶素子20の水平軸H-Hを基準にして $+45^\circ$ に配置する。ねじれ位相差板12の下分子配向方向12aは水平軸H-Hを基準にして $+60^\circ$ に配置し、上分子配向方向12bは $-60^\circ$ に配置しており、時計回りでツイスト角Tcが $-240^\circ$ になり、ツイスト角の絶対値の差を $\Delta T$ とすると、 $\Delta T = |Ts| - |Tc| = 0^\circ$ であり、屈折率の差を $\Delta R$ とすると、 $\Delta R = Rs - Rc = 0.04\mu\text{m}$ とほぼ等しくなっている。

第1の位相差板13の遅相軸13aは水平軸H-Hに対して $-30^\circ$ に配置され、第2の位相差板14の遅相軸14aは水平軸H-Hに対して $+30^\circ$ に配置されている。このように2枚の位相差板を遅相軸の交差角が $60^\circ$ になるように配置することによって、2枚の位相差板によって合成される位相差値は、波長が $0.55\mu\text{m}$ の光に対して $0.14\mu\text{m}$ となり、これより短波長の光に対する位相差値は $0.14\mu\text{m}$ より小さく、これより長波長の光に対する位相差値は $0.14\mu\text{m}$ より大きくなる。その結果、全ての波長領域で位相差値/波長 $=1/4$ となる、いわゆる広帯域 $1/4$ 波長板を構成し、その実質的な光学軸は水平軸H-Hの方向となる。

液晶素子20の下側に配置した第3の位相差板18の遅相軸18aは、図5に示したように液晶素子20の水平軸H-Hに対して直交する位置に配置し、第2の偏光板17の透過軸17aは水平軸Hに対して $-45^\circ$ に配置し、第1の偏光板11の透過軸11aと直交させている。

このように構成した液晶表示装置は半透過反射型液晶表示装置と呼ばれ、外光を

用いた反射表示と、バックライト16を用いた透過表示の両方が可能である。

まず、反射表示について説明する。外光は図1における上方の視認側から第1の偏光板11を通して入射して、その透過軸11aに平行な方向に偏光した直線偏光になり、第1の光学補償素子である第2の位相差板14と第1の位相差板13とねじれ位相差板12を透過し、さらにネマチック液晶6に電圧が印加されていない部分を透過した状態では円偏光となるようにしている。そして、半透過反射層7で反射する際に位相が $180^\circ$ 変化し、逆回転の円偏光となって反射する。その後再度、ネマチック液晶6と、ねじれ位相差板12と第1の位相差板13と第2の位相差板14と透過することによって、入射光とは偏光方向が $90^\circ$ 回転した直線偏光となり、その偏光方向が第1の偏光板11の透過軸11aと直交する方向になるため、その第1の偏光板11に吸収され、黒表示となる。

ネマチック液晶6に電圧を印加すると液晶分子が立ち、ネマチック液晶6の複屈折性が $1/4$ 波長相当だけ小さくなるため、ネマチック液晶6と第1の光学補償素子との合計した位相差がほぼ無くなる。そのため、第1の偏光板11を通して入射した直線偏光は、ネマチック液晶6の電圧が印加されている部分を透過した状態では直線偏光のまま半透過反射層7に到達し、そのまま再度、ネマチック液晶6と、ねじれ位相差板12と第1の位相差板13と第2の位相差板14からなる第1の光学補償素子を透過し、入射光と同一方向（第1の偏光板11の透過軸11aに平行な方向）に偏光した直線偏光として第1の偏光板11に達するためそれを透過し、白表示となる。

つぎに、バックライトを用いた透過表示について説明する。第3の位相差板18の位相差値は、ねじれ位相差板12と第1の位相差板13と第2の位相差板14とネマチック液晶6の電圧が印加されていない部分とで得られる合計の位相差値と、ほぼ等しくなるようにしてあり、且つそれらを上記各位相差値が引き算される角度に配置している。つまり、第3の位相差板18から第2の位相差板14までの合計した位相差値はほぼゼロである。

バックライト16から出た光は、第2の偏光板17を通過してその透過軸17aに平行な方向に偏光した直線偏光となり、第3の位相差板18を透過し、半透過反射層7の透明部9を透過する。そして、ネマチック液晶6に電圧が印加されてい

い部分では、第3の位相差板18から第2の位相差板14までを通過しても全く位相差値を持たないので、そのままの状態第1の偏光板11に到達する。第1の偏光板11はその透過軸11aが第2の偏光板17の透過軸17aと直交するように配置されているので、その到達した直線偏光を吸収し、黒表示となる。

ネマチック液晶6に電圧を印加すると液晶分子が立ち、第3の位相差板18から第2の位相差板14までの間で位相差値を持つようになる。そのため、第2の偏光板17から入った直線偏光は、ネマチック液晶6に電圧が印加されている部分では第1の偏光板11に楕円偏光となって到達し、それを透過するため白表示となる。

つぎに、半透過反射層7に設けた透明部9の効果について、再度簡単に説明する。

この実施例の液晶表示装置に用いている第1の基板の内面には、図1から図4に示したように透明部9を形成した半透過反射層7を設けている。その透明部9は、半透過反射層7の材料であるアルミニウムを陽極酸化処理して形成した酸化アルミニウム( $Al_2O_3$ )であり、半透過反射層7の非透明部30とほぼ同じ厚さとなっており、透明な保護膜8で平坦化処理を行うと、その表面は完全に平坦になる。

そのため、液晶素子20のセルギャップが均一になり、図12に示した従来の開口部29を設けた半透過反射層27を備えた液晶表示装置で発生していた表示ムラや配向不良は発生せず、良好な表示画質が得られる。

このように、上述した半透過反射型液晶表示装置は、第1の偏光板11と第1の光学補償素子と、透明部9を設けた半透過反射層7を内在した液晶素子20とにより、外光を用いる反射表示においては、良好なコントラストの明るい表示が可能である。また、液晶素子20の下側に第2の光学補償素子と第2の偏光板17とバックライト16を備えているため、外光が少ない環境ではバックライト16を点灯することによって、良好な透過表示が得られる。さらに、表示ムラが少なく、配向不良も発生しにくい。

なお、この実施例では液晶素子20として $240^\circ$ ツイストのSTN液晶素子を用いたが、ツイスト角が $90^\circ$ 前後のTN液晶素子でも、同様な半透過反射型液晶表示装置を構成することが可能である。TN液晶素子を用いて、大画面表示を行う場合には、TFT(Thin Film Transistor)やMIM(Metal Insulator Metal)のアクティブ素子を内在したアクティブマトリクス液晶表示装置とすることが好ましい。

また、この実施例ではねじれ位相差板 12 として、室温ではねじれ状態が固定化している液晶性ポリマーフィルムを用いたが、液晶分子の 1 部を鎖状のポリマー分子に結合しただけの、温度により R<sub>c</sub> が変化する温度補償型ねじれ位相差板を用いると、高温や低温での明るさやコントラストが改善し、より良好な半透過反射型液晶表示装置が得られる。

この実施例では、半透過反射層 7 としてアルミニウム薄膜を用いたが、アルミニウム合金やタンタル等の金属薄膜を用いることも可能である。さらに、半透過反射層の反射率を改善するためやその表面を保護するために、透明部を形成後、その金属薄膜の表面に無機酸化物の多層膜を形成するようにしてもよい。

この実施例では、半透過反射層 7 を第 1 の電極 3 とは別に設けたが、第 1 の電極をアルミニウムやタンタル等の金属薄膜で形成して半透過反射層と兼用した反射電極とすることによって、構造を単純化することも可能である。また、表示に影は発生するが、半透過反射層 7 を第 1 の基板 1 の外側に配置しても、同じような効果は得られる。

さらに、この実施例では、表面に凸凹処理を施した第 1 の基板 1 を用いて、その表面に散乱性を持たせた半透過反射層 7 を形成したが、第 1 の基板 1 上に、感光性の保護膜を塗布し、フォトエッチングにより所望の形状とした凹凸層を形成して、その上にアルミニウム薄膜を形成することによって、散乱性を持たせた半透過反射層 7 を形成することも可能である。また、半透過反射層 7 の上に直接、微粒子を混合した保護膜を塗布することによっても同様な散乱効果が得られる。

## 第 2 実施例：図 7 から図 11

次に、図 7 から図 11 を用いてこの発明による半透過反射型液晶表示装置の第 2 実施例を説明する。図 7 は、その半透過反射型液晶表示装置の構成を示す図 1 と同様な模式的断面図である。

図 8 は、その半透過反射型液晶表示装置におけるカラーフィルタを半透過反射層および第 1、第 2 の電極との配置関係と共に示す平面図であり、断面図ではないが判りやすくするため、図 7 と同様な色別のハッチングを施している。図 9 は半透過反射板のみを示す平面図である。

この第2実施例が前述した第1実施例の半透過反射型液晶表示装置と異なるのは、次の点である。

- ① 液晶素子をカラーフィルタ10を備えた液晶素子21とし、カラー表示が可能となっていること、
- ② その液晶素子21の視認側に配置する第1の光学補償素子を1枚のねじれ位相差板12だけで構成したこと、
- ③ 液晶素子21の第2の基板2の外側に散乱層15を設けたこと、
- ④ 液晶素子21の視認側と反対側に配置する第2の光学補償素子を第3の位相差板18と第4の位相差板19とによって構成したこと、
- ⑤ 半透過反射層70の構成が、半透過反射層7の構成と若干相違すること、

この第2実施例の半透過反射型液晶表示装置は、図7に示すように、液晶素子21と、液晶素子21の視認側（図7では上側、視認方向を矢印Aで示す）に設けた散乱層15と、第1の光学補償素子であるねじれ位相差板12と、第1の偏光板11と、液晶素子21の視認側と反対側（図7では下側）に設けた第2の光学補償素子である第3の位相差板18および第4の位相差板19と、第2の偏光板17と、バックライト16とによって構成されている。

第1の偏光板11とねじれ位相差板12はアクリル系粘着剤で一体化しており、そのねじれ位相差板12を、散乱層15となるアクリル系粘着剤に光散乱性微粒子を混入した光散乱性粘着剤によって、液晶素子20の上面に貼り付けている。

また、第3の位相差板18と第4の位相差板19と第2の偏光板17もアクリル系粘着剤で一体化しており、その第3の位相差板18をアクリル系粘着剤によって液晶素子21の下面に貼り付ける。

液晶素子21は、第1実施例における液晶素子20と同様に、それぞれ厚さ0.5mmの透明なガラス板からなる第1の基板1と第2の基板2とを、所定の間隔を保ってシール材5によって張り合わせ、その間隙に左回リ240°ツイスト配向のネマチック液晶6を挟持してなるSTN液晶素子である。

その液晶素子21の視認側と反対側の第1の基板1の内面には、厚さ0.1μmのアルミニウム膜からなる半透過反射層70と、その上に配置された赤フィルタR、緑フィルタG、青フィルタBの3色のフィルタからなる厚さ1μmのカラーフィル

タ 10 と、その上を覆うアクリル系材料からなる厚さ  $2\mu\text{m}$  の保護膜 8 と、透明電極材料である ITO によって形成したストライプ状の第 1 の電極 3 とが設けられている。また、視認側の第 2 の基板 2 の内面には、やはり ITO による第 2 の電極 4 が第 1 の電極 3 に直交するストライプ状に形成されている。

この第 1 の電極 3 と第 2 の電極 4 とが交差して対向する部分がそれぞれ画素部となる。

この実施例で用いた半透過反射層 70 は、第 1 の基板に凹凸処理を施さずに形成しているで、その表面は散乱性の凹凸が形成されずミラー状である。そのため、入射光が正反射し、視認方向へ反射せず暗い表示となってしまうことがある。そこで、液晶素子 21 の外側（視認側）に散乱層 15 を設けている。

アルミニウム薄膜からなる半透過反射層 70 は、陽極酸化処理により形成した酸化アルミニウム ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) からなる透明部 79 を、図 8 および図 9 に示すようにスリット状に形成した。そのスリット状の各透明部 79 は、それぞれ第 2 の電極 4 に平行にその幅内の中央部に対応する位置に、複数の画素部（この例では 3 画素部）に亘って連続して延びるように形成されている。この透明部 79 の面積比率は半透過反射層 70 全体の 20% になるようにした。

カラーフィルタ 10 は、赤フィルタ R と、緑フィルタ G と、青フィルタ B の 3 色のフィルタで構成され、図 8 に示すように、この実施例では各色のフィルタを第 2 の電極 4 と平行な縦ストライプ形状とした。各色のフィルタの幅は、第 2 の電極 4 の幅より広く形成し、すきまが生じないようにしている。カラーフィルタ 10 を構成する各色のフィルタの間にすきまが生じると、入射光が増加して明るくはなるが、表示色に白色光が混色し、色純度が低下するので好ましくない。

カラーフィルタ 10 は、明るさを改善するために、分光スペクトルにおける最大透過率になるべく高いことが好ましく、各色のフィルタの最大透過率は 80% 以上が良く、90% 以上が最も好ましい。また、分光スペクトルにおける最小透過率も 20%～50% と高くする必要がある。

このカラーフィルタ 10 としては、顔料分散型、染色型、印刷型、転写型、電着型などによるものがあるが、アクリル系や PVA 系の感光性樹脂に顔料を分散させた顔料分散型のカラーフィルタが、耐熱温度が高く、色純度も良いので最も好ま

しい。

このような高透過率のカラーフィルタを得るために、第1の基板1にアルミニウム薄膜の半透過反射層70を形成し、その半透過反射層70に陽極酸化処理によって透明部79を形成した後、洗浄工程等でアルミニウムを保護するために、再度、非透明部73に10～20Vの電圧で陽極酸化処理をして、非透明部73上にも薄い酸化アルミニウムの酸化層を形成するとよい。

そして、感光性樹脂に顔料を10～15%配合したカラーレジストを、スピナーを用いて第1の基板1に塗布し、露光工程と現像工程を行うことにより、厚さが1μm程度で透過率が高いカラーフィルタ10を形成することができる。

第1の偏光板11と第2の偏光板17は、第1の実施例の場合と同じ材料のものをを用いた。ねじれ位相差板12は、ツイスト角Tcが180°で、Δnd値であるRcが0.68μmである。散乱層15は、アクリル系粘着剤に微粒子を混合した散乱性粘着層で、商品名EDA-1を用いた。

第3の位相差板18は、第1の実施例と同様のものを使用し、位相差値F1が0.14μmで1/4波長相当とし、第4の位相差板19もPCを延伸した厚さ約70μmの透明フィルムで、波長0.55μmの光に対する位相差値F2が0.28μmで、1/2波長相当に設定した。第2の光学補償素子としてこの2枚の位相差板18、19を用いることによって、第1の実施例で第1の光学補償素子として、ねじれ位相差板12と第1、第2の位相差板13、14を用いたのと同様に、広帯域1/4波長板を構成している。

バックライト16は、第1実施例と同じ白色ELを用いてもよいが、この実施例では、消費電力の低下と明るさを向上するために、導光板に白色LED（発光ダイオード）を取り付けたサイドライト方式のものをを用いた。

つぎに、この液晶表示装置における各構成部材の平面的配置関係を図10と図11を用いて説明する。図10は、液晶素子21とその視認側と反対側（図7で下側）に配置する構成部材の配置関係を示し、図11は、液晶素子21の視認側（図7で上側）に配置する構成部材の配置関係を示す。

図10に示す液晶素子21におけるネマチック液晶6の下液晶分子配向方向6aと上液晶分子配向方向6bの配置関係は、図5によって説明した第1実施例1と同



じであるから説明を省略する。

液晶素子 21 に使用するネマチック液晶 6 の屈折率の差  $\Delta n$  は 0.15 で、第 1 の基板 1 と第 2 の基板 2 によりネマチック液晶 6 を挟持する隙間であるセルギャップ  $d$  は  $5.4 \mu\text{m}$  とする。したがって、ネマチック液晶 6 の屈折率の差  $\Delta n$  とセルギャップ  $d$  との積  $\Delta n d$  による液晶素子 21 の複屈折性を示す値  $R_s$  は  $0.81 \mu\text{m}$  で、ツイスト角  $T_s$  が  $240^\circ$  の STN 液晶素子となる。

第 1 の偏光板 11 の透過軸 11a は、図 11 に示すように、液晶素子 21 の水平軸 H-H を基準にして  $-55^\circ$  に配置する。ねじれ位相差板 12 は、その下分子配向方向 12a が水平軸 H-H を基準にして  $+55^\circ$  に、上分子配向方向 12b も同じく  $+55^\circ$  になるように配置し、時計回りでツイスト角  $T_c$  が  $-180^\circ$  となり、ツイスト角の比  $T_c / T_s$  が 0.75 であり、屈折率の差を  $\Delta R$  とすると、 $\Delta R = R_s - R_c = 0.13 \mu\text{m}$  となっている。

第 3 の位相差板 18 の遅相軸 18a は、図 10 に示したように、液晶素子 21 の水平軸 H-H を基準にして  $+50^\circ$  に配置し、第 4 の位相差板 19 の遅相軸 19a は、水平軸 H-H を基準にして  $-70^\circ$  に配置した。このように配置することによって、2 枚の位相差板 18, 19 で実質的な遅相軸が水平軸 H-H から  $80^\circ$  の位置にある広帯域 1/4 波長板となっている。

第 2 の偏光板 17 の透過軸 17a は、水平軸 H-H に対して  $+35^\circ$  の位置に配置し、第 1 の偏光板 11 の透過軸 11a と直交している。

つぎに、この実施例の動作原理について簡単に説明する。

まず、反射表示について説明する。第 1 の実施例では、第 1 の光学補償素子として、ねじれ位相差板 12 と第 1 の位相差板 13 と第 2 の位相差板 14 を用いたが、この第 2 実施例では、第 1 の光学補償素子としてねじれ位相差板 12 だけを用いている。しかし、ねじれ位相差板 12 のツイスト角  $T_c$  と  $\Delta n d$  値 ( $R_c$ ) ならびに配置角度を最適化したことによって、ねじれ位相差板 12 とネマチック液晶 6 を合成した複屈折性は 1/4 波長相当になり、第 1 実施例と同様に、ネマチック液晶 6 に電圧を印加しない状態では完全な黒表示が得られる。そして、ネマチック液晶 6 に電圧を印加したオン状態では白を表示でき、良好なコントラストの表示が可能である。

そして、表示画素毎のオン状態とオフ状態を組み合わせることによって、カラー表示が可能になる。例えば、赤フィルタRに対応する画素をオン状態とし、緑フィルタGと青フィルタBに対応する画素をオフ状態にすることによって赤表示になる。また、赤フィルタRと緑フィルタGに対応する画素をオン状態とし、青フィルタBに対応する画素をオフ状態にすることによって黄色表示になる。

この実施例の半透過反射型表示装置は、反射率が高く、且つコントラスト比が10以上と高い値が得られたので、バックライト16が非点灯の反射表示でも、彩度が高く明るいカラー表示が得られた。

つぎに、バックライト16を点灯したときの透過表示について説明する。バックライト16から出た光は、第2の偏光板17を通過してその透過軸17aに平行な方向に偏光した直線偏光となる。前述したように、第3の位相差板18と第4の位相差板19で合成した実質的な遅相軸は、図10における水平軸H-Hに対して80°の位置で、第2の偏光板の透過軸17aは+35°であるので、直線偏光は実質的な遅相軸に対して45°の角度に入射して円偏光となる。その円偏光は半透過反射層70で約8割は反射されるが、残りの2割が透明部79を透過する。

液晶素子21のネマチック液晶6に電圧を印加していない部分では、ねじれ位相差板12と液晶素子21の合成した複屈折性は1/4波長相当であり、第3の位相差板18と第4の位相差板19で合成した位相差と同一で、且つ位相差値が減算する位置に配置している。そのため、半透過反射層70の透明部9を透過した円偏光は、振動方向が第2の偏光板17の透過軸17aに平行な直線偏光に戻って、第1の偏光板11に達する。しかし、第1の偏光板11はその透過軸11aが第2の偏光板の透過軸17aと直交するように配置しているので、到達した直線偏光は第1の偏光板11に吸収され、黒表示となる。

ネマチック液晶6に電圧が印加された部分では液晶分子が立ち、第4の位相差板19からねじれ位相差板12までの間で位相差値を持つようになる。そのため、第2の偏光板17を通して入射した直線偏光は、楕円偏光となって第1の偏光板11に到達し、それを透過するため白表示となる。

但し、バックライトから出た光が上述のように液晶素子21を透過する際に、カラーフィルタ10のいずれかの色のフィルタを通過するため、カラー表示になる。

つぎに、半透過反射層 70 の透明部 79 の効果について説明する。第 1 の実施例の場合と同様に、図 12 に示した従来の開口部 29 を設けた半透過反射層 27 よりも、透明部 79 を設けた半透過反射層 70 の方が平坦性が良好であるので、表示ムラが少なく、STN 液晶素子での配向不良も発生しにくい。さらに、透明部 79 をスリット状にしたことで、第 1 の実施例の半透過反射層 7 の透明部 9 よりもその幅を狭くすることができ、さらに平坦性が良くなった。

このように、この第 2 実施例の半透過反射型液晶表示装置によれば、第 1 の偏光板 11 とねじれ位相差板 12 と散乱層 15 と、透明部 79 を備えた半透過反射層 70 とカラーフィルタ 10 とを内在した液晶素子 21 とにより、外光を用いる反射表示において良好なコントラストのカラー表示が可能である。

また、液晶素子 21 の下側に第 3 の位相差板 18 と、第 4 の位相差板 19 と、第 2 の偏光板 17 と、バックライト 16 とを備えているため、外光が少ない環境ではバックライト 16 を点灯し、良好な透過表示が得られる。しかも、表示ムラが少なく、配向不良等が発生しにくい。

この実施例では、第 1 の光学補償素子として 1 枚のねじれ位相差板 12 を用いたが、第 1 実施例のように、ねじれ位相差板と第 1、第 2 の位相差板を用いたり、ねじれ位相差板は用いずに、1 枚あるいは複数枚の位相差板を用いることも可能である。この実施例と同様な構成の半透過反射型液晶表示装置で、第 1 の光学補償素子として位相差値が  $0.2\mu\text{m}$  の位相差板と位相差値が  $0.4\mu\text{m}$  の位相差板の 2 枚を用い、第 1 の偏光板の透過軸 11a を水平軸 H に対して  $-50^\circ$  に配置したところ、明るく高コントラストの反射表示が得られた。

この実施例では、第 2 の光学補償素子として、第 3 の位相差板 18 と第 4 の位相差板 19 とを設けたが、第 1 の実施例のように、第 3 の位相差板 18 のみを設けるようにしても、透過表示のコントラストが多少低下するが、良好なカラー表示が得られる。

また、この実施例ではカラーフィルタ 10 を第 1 の基板 1 側に設けたが、第 2 の基板 2 の内側で、第 2 の電極 4 と第 2 の基板 2 との間にカラーフィルタ 10 を形成することも可能である。しかし、カラーフィルタ 10 を第 1 の基板 1 側に設けた方が、保護膜 8 をカラーフィルタ 10 の平坦化と、半透過反射層 7 と第 1 の電極 3 と

の絶縁層を兼ねることができるので好ましい。

さらに、この実施例では、カラーフィルタ10として、赤、緑、青の3色のフィルタを用いたが、シアン、イエロー、マゼンタの3色のフィルタを用いても、同様に明るいカラー表示が可能である。

また、本実施例では、カラーフィルタ製造工程の洗浄ラインに耐えるように、半透過反射層70の非透明部73のアルミニウム薄膜の表面を陽極酸化処理で不活性化させたが、透明部79を形成した後、アルミニウム薄膜上にSiO<sub>2</sub>等の透明な酸化膜をスパッタ法やCVD法で形成することも可能である。

この実施例ではまた、散乱層15として粘着剤に微粒子を混合した散乱粘着層を用いたが、フィルムタイプの散乱層や、フォトリソマーを用いた散乱層などを用いることも可能である。

さらに、この実施例では散乱層15を液晶素子21とねじれ位相差板12との間に設けたが、液晶素子21と第1の偏光板11の間のいずれかに配置すればよい。しかし、液晶素子21になるべく近いところに配置する方が、文字ボケが少なく好ましい。

さらに、この実施例では、液晶素子21の外側に散乱層15を配置したが、第1の実施例の場合と同様に、散乱性を持たせた半透過反射層を用いることによって、散乱層を別に設けなくても良好なカラー表示が得られる。